

УДК 681.586

Д.В. Бугайов, аспірант гр. ПГ-81ф
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ВИЗНАЧЕННЯ ШУМОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ IBM STIM300 МЕТОДОМ ВАРІАЦІЙ АЛАНА

Анотація. В статті проводиться дослідження інерціального вимірювального модуля STIM300. Показані результати отриманих параметрів шумових характеристик методом варіацій Аллана та проводиться порівняльний аналіз з показниками зазначеними виробником в технічній специфікації.

Ключові слова: варіації Алана, інерційний вимірювальний модуль, STIM300, мікромеханічні чутливі елементи

ВСТУП

Нерідко при побудові малогабаритних автономних безпілотних систем стоїть питання вибору пристроїв для виміру фізичних величин руху. Останнім часом беззаперечними лідерами для цього є використання інерціальних вимірювальних модулів (ІВМ) [1]. На ринку існують різні види ІВМ котрі в першу в чергу різняться точністю виміру фізичних величин чутливими елементами (ЧЕ) розташованими в середині.

Основними ЧЕ які входять до складу ІВМ є мікромеханічні гіроскопи, акселерометри, інклінометри. Порівнюючи з традиційними приладами мікромеханічні ЧЕ мають ряд недоліків. Наприклад, вихідний сигнал гіроскопа має дві основні групи помилок. Перша група являє собою детерміновані помилки, такі як постійний зсув нульового сигналу або нелінійність. Ці помилки можуть бути виправлені процедурою калібрування, котра заснована на лабораторних вимірах. Друга група помилок містить непередбачувані стохастичні процеси, такі як шум квантування, випадкове блукання кута, нестабільність нульового сигналу, випадкове блукання кутової швидкості і дрейф кутової швидкості. Вони проявляються в гіроскопі як шум або повільне зміна параметрів в часі. Аналогічна ситуація є і для акселерометрів та інклінометрів. Часто такі параметри визначаються виробником в лабораторних умовах і відображені в технічній специфікації до серії ІВМ.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Як основа для проведення дослідження був відібраний ІВМ STIM300 [2]. В стаціонарному положенні в чітко виставленій площині горизонту було проведено запис вихідних даних всіх наявних ЧЕ на кожній з осей протягом однієї години з частотою дискретизації 100 Гц. Для визначення параметрів головних шумових характеристик було використано метод варіацій Алана, а саме визначено числові показники випадкового кутового блукання та стабільність нуля для гіроскопів, випадкового швидкісного блукання та стабільності нуля для акселерометрів та інклінометрів.

Варіація Алана – це метод аналізу часових послідовностей для визначення характеристик шумів у функції усередненого часу. Спершу метод був розвинений для оцінки нестабільності годин в супутникових навігаційних системах, але зараз також застосовується з метою аналізу шуму для мікромеханічних інерціальних ЧЕ [3].

Суть методу варіації Алана полягає в обчисленні дисперсії різниці сусідніх відхилень, а не самих відхилень центрованого випадкового процесу, як це робиться при визначенні класичної вибіркової дисперсії. Методику побудови варіацій Алана та визначення шумових показників наведено в джерелі [4].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Була проведена серія досліджень на основі варіацій Алана для інерціального вимірювального модуля STIM300. Отримані графіки наведені на рис.1 для гіроскопів, на рис.2 для акселерометрів та на рис.3 для інклінометрів. Визначені шумові параметри чутливих елементів наведені в таблиці 1, 2 та 3 відповідно.

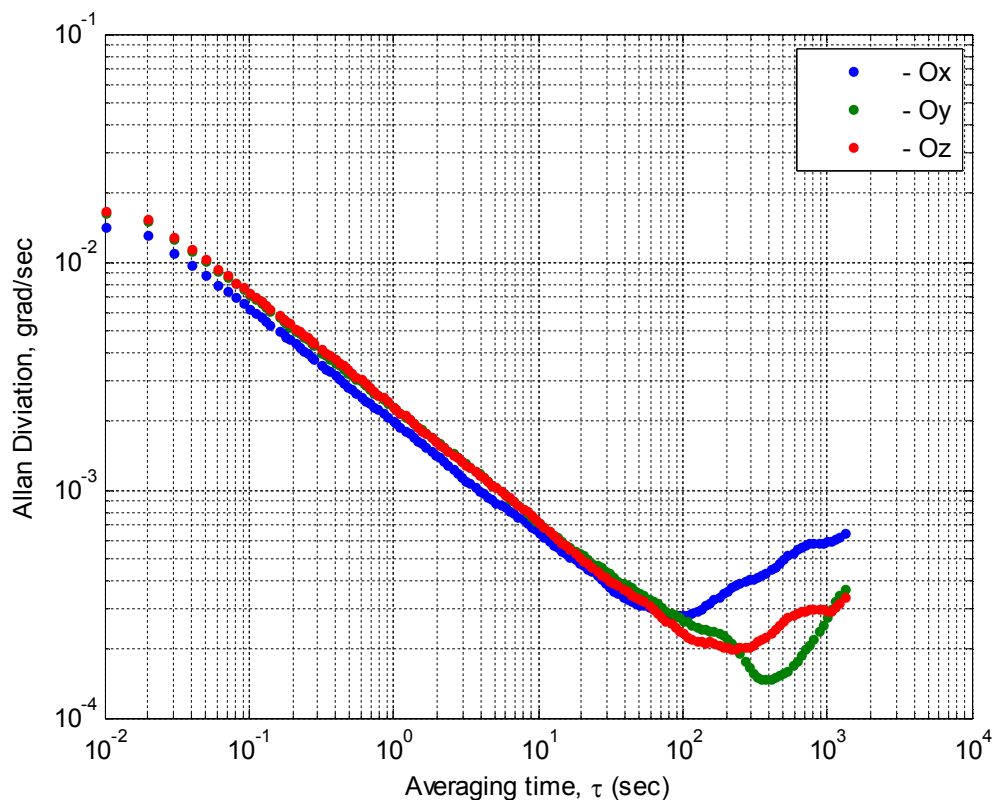


Рисунок 1. Варіації Алана для гіроскопів STIM300

Таблиця 1. Значення отриманих коефіцієнтів варіації Алана для трійки гіроскопів

Найменування параметра	Значення для кожного гіроскопа на кожній з осей			Заявлено виробником
	x	y	z	
випадкове кутове блукання ($^{\circ}/\sqrt{200\text{д}}$)	0.11964	0.138	0.13878	0.15
стабільність нуля ($^{\circ}/200\text{д}$)	1.5289	0.8051	1.0936	0.5

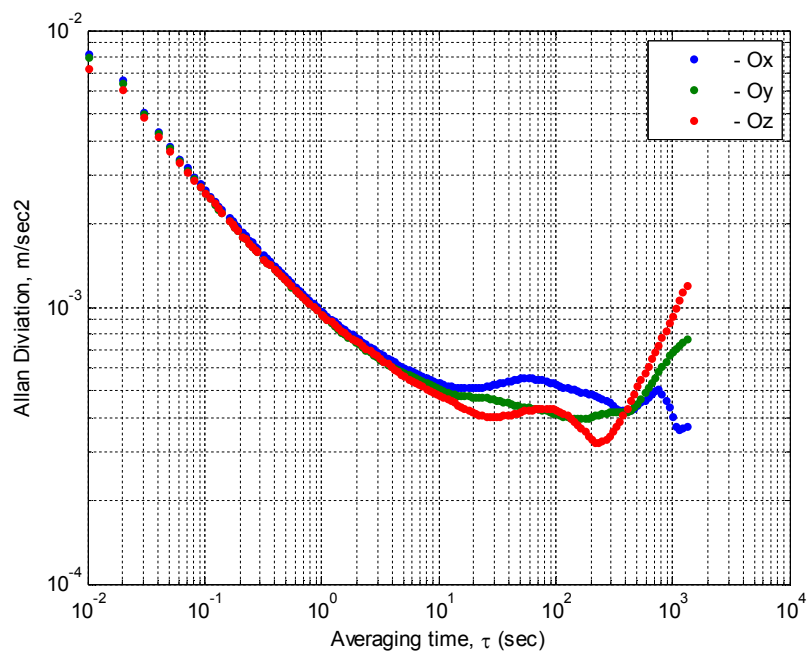


Рисунок 2. Варіації Алана для акселерометрів STIM300

Таблиця 2. Значення отриманих коефіцієнтів варіації Алана для трійки акселерометрів

Найменування параметра	Значення для кожного гіроскопа на кожній з осей			Заявлено виробником
	x	y	z	
випадкове швидкісне блукання $\frac{m}{(sec)^{3/2}}$	0.0009649 (0.058 m/s/√hr)	0.000936 (0.056 m/s/√hr)	0.0009433 (0.057 m/s/√hr)	0.06 m/s/√hr
стабільність нуля $\frac{m}{sec^2}$	0.00054 (0.055 mg)	0.000596 (0.0607 mg)	0.000494 (0.05 mg)	0.05 mg

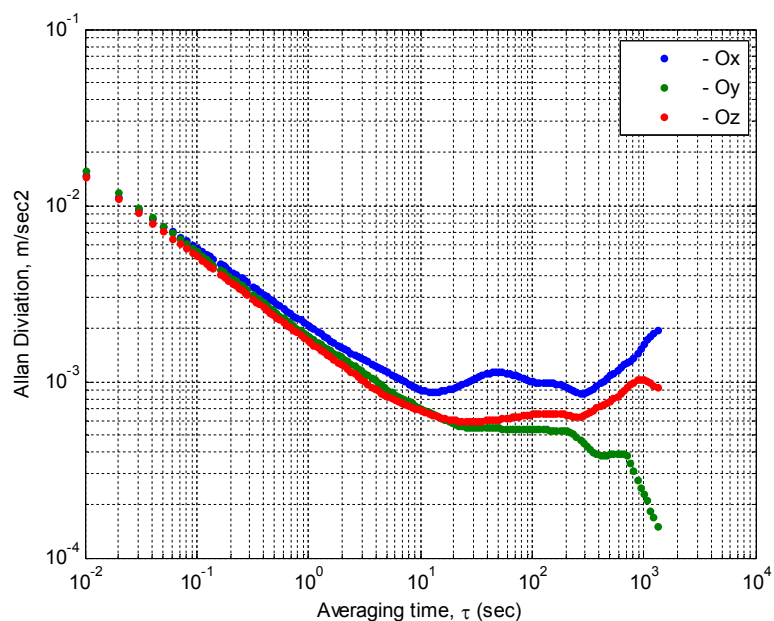


Рисунок 3. Варіації Алана для інклінометрів STIM300

Таблиця 3. Значення отриманих коефіцієнтів варіації Алана для трійки інклінометрів

Найменування параметра	Значення для кожного гіроскопа на кожній з осей			Заявлено виробником
	x	y	z	
випадкове швидкісне блукання $\frac{m}{(sec)^{3/2}}$	0.002083 (0,125 m/s/ \sqrt{hr})	0,001814 (0,0109 m/s/ \sqrt{hr})	0,001699 (0,1019 m/s/ \sqrt{hr})	0.08 m/s/ \sqrt{hr}
стабільність нуля $\frac{m}{sec^2}$	0,0013 (0,1325 mg)	0,00058 (0,59 mg)	0,00089 (0,0912 mg)	0.06 mg

ВИСНОВКИ

З отриманих результатів видно, що для гіроскопів показники випадкового кутового блукання дуже близькі до показників вказаним виробником, а от стабільність нуля дещо перевищує заявлені показники. Для акселерометрів показники випадкового швидкісного блукання та стабільності нуля співпадають з показниками вказаними виробником. Найгірше показали себе інклінометри, де показники випадкового швидкісного блукання та стабільності нуля є відмінні від заявлених виробником.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Collin, J., Davidson, P., Kirkko-Jaakkola, M., & Leppäkoski, H. (2019). Inertial sensors and their applications. In Handbook of Signal Processing Systems (pp. 51-85). Springer, Cham.
- [2] DATASHEET STIM300 Inertia Measurement Unit. Режим доступа: <https://www.sensor.com/media/1305/ts1524r24-datasheet-stim300.pdf>
- [3] Han, S., Wang, J., & Knight, N. (2009, July). Using allan variance to determine the calibration model of inertial sensors for GPS/INS integration. In 6th International Symposium on Mobile Mapping Technology.
- [4] Baran, O., & Kasal, M. (2009, April). Allan variances calculation and simulation. In 2009 19th International Conference Radioelektronika (pp. 187-190). IEEE.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Аврутов В.В.